



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09245078 A

(43) Date of publication of application: 19 . 09 . 97

(51) Int. Cl

**G06F 17/50****G02F 1/13****G06F 17/11****G06F 17/12**

(21) Application number: 08055210

(71) Applicant: SEIKO EPSON CORP

(22) Date of filing: 12 . 03 . 96

(72) Inventor: KIMURA MUTSUMI

**(54) METHOD FOR SELECTING INITIAL APPROXIMATE VALUE OF SEQUENTIAL SUBSTITUTING METHOD AND LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE DESIGNED BY USING SAME SEQUENTIAL SUBSTITUTING METHOD**

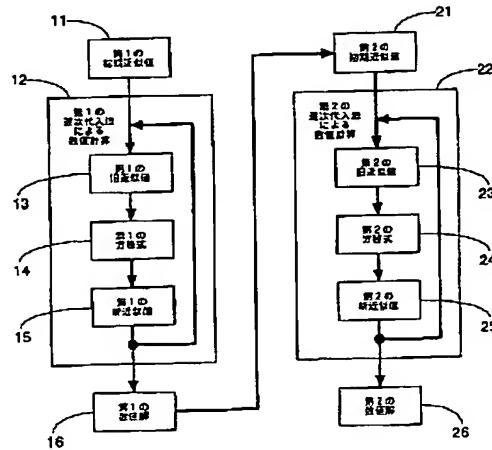
the 1st numeric solution 16 is used as a 2nd initial approximate value 21.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain high precision and shorten a calculation time by using a numeric solution which is found by the sequential substituting method of a certain round as an initial approximate value of the sequential substituting method of another round when the sequential substituting method is executed plural times.

**SOLUTION:** In numerical calculation 12 by the 1st sequential substituting method of a 1st round, a 1st initial approximate value 11 is substituted as a 1st old approximate value 13 in a 1st equation 14 to find a 1st new approximate value 15, which is substituted as a 1st old approximate value 13 repeatedly; and the 1st new approximate value 15 at this time is regarded as a 1st numeric solution 16. In numerical calculation 22 by the sequential substituting method of a 2nd round, a 2nd initial approximate value 21 is substituted as a 2nd old approximate value 23 in a 2nd equation 24 to find a 2nd new approximate value 25. Then this 2nd new approximate value 25 is substituted as a 2nd old approximate value 23 again and the 2nd new approximate value 25 is regarded as a 2nd numeric solution 26. Thus,



(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 F 17/50			G 0 6 F 15/60	6 1 2 G
G 0 2 F 1/13	1 0 1		G 0 2 F 1/13	1 0 1
G 0 6 F 17/11			G 0 6 F 15/32	
17/12			15/324	

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 11 頁)

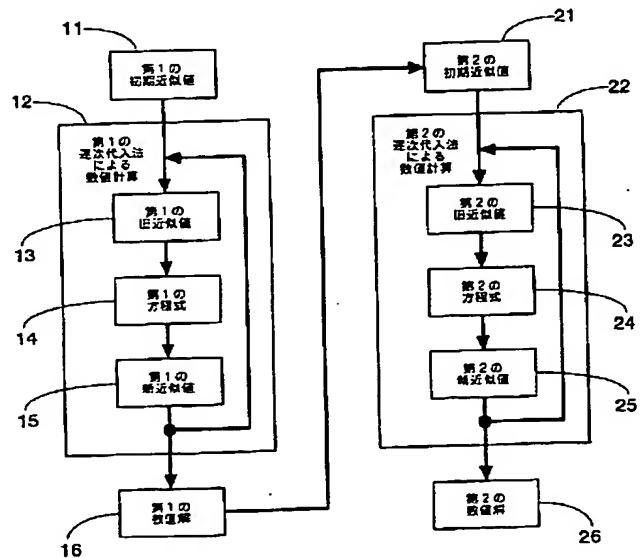
(21)出願番号	特願平8-55210	(71)出願人	000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
(22)出願日	平成8年(1996)3月12日	(72)発明者	木村 瞳 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ ーエプソン株式会社内
		(74)代理人	弁理士 鈴木 喜三郎 (外1名)

(54)【発明の名称】逐次代入法の初期近似値の選定法およびこの逐次代入法を用いて設計された液晶表示装置

## (57)【要約】

【課題】 逐次代入法において、高精度、計算時間短縮を実現することを目的とする。また、この逐次代入法を用いて設計された液晶表示装置において、高開口率化、低消費電力化、高画質化を実現することを目的とする。

【解決手段】 逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の逐次代入法により求められた数値解を、他の回の逐次代入法の初期近似値として用いる。



は時間的に変化していることを特徴とする、

請求項5記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項7】 ある時間に対応する前記逐次近似法により求められた前記数値解を、以前または以後の他の時間に対応する前記逐次近似法の前記初期近似解として用いることを特徴とする、

請求項6記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項8】 前記方程式が、空間または時間に関する偏微分方程式であることを特徴とする、

10 請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項9】 前記方程式を、Newton-Raphson法で解く場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項10】 数値計算を行う領域を格子に分割し、各前記格子で立てられた前記方程式を解く差分法において、前記差分法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項11】 数値計算を行う領域を有限要素に分割

20 し、各前記有限要素で立てられた前記方程式を解く有限要素法において、前記有限要素法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項12】 数値計算を行う領域の境界を境界要素に分割し、各前記境界要素で立てられた前記方程式を解く境界要素法において、前記境界要素法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項13】 電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする、

30 請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項14】 Laplaceの式またはPoissonの式を用いて、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項13記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項15】 液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行なう場合に対して適用されることを特徴とする、

請求項13記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項16】 分子配向が時間変化する液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行なう場合に対して適用されることを特徴とする、

40 請求項15記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項17】 請求項1記載の初期近似値の選定法を採用した逐次代入法を用いて設計されたことを特徴とする、

液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高精度、計算時間

50 短縮を実現する、数値計算の逐次代入法、特に、液晶を

### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 方程式を満たす数値解を求めるために、初期近似値を旧近似値として代入することにより新近似値を求め、再び前記旧近似値として前記新近似値を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解を得る逐次代入法において、

前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値として用いることを特徴とする、

逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項2】 単一の方程式  $f(x)=0$  を満たす数値解  $x^{sol}$  を求めるために、前記单一の方程式を  $x=g(x)$  と変形し、初期近似値  $x^{ini}$  を旧近似値  $x^{old}$  として代入することにより新近似値  $x^{new}=g(x^{old})$  を求め、再び前記旧近似値  $x^{old}$  として前記新近似値  $x^{new}$  を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解  $x^{sol}$  を得る逐次代入法において、

前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解  $x^{sol}$  (1) を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値  $x^{ini}$  (2) として用いることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項3】  $m$  個の未知変数を含む  $n$  個の連立方程式  $f_i(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) を満たす数値解  $x_i^{sol}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を求めるために、前記連立方程式を  $n$  個の連立方程式  $x_i = g_i(x_1, x_2, \dots, x_m)$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) と変形し、 $m$  個の初期近似値  $x_i^{ini}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を旧近似値  $x_i^{old}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) として代入することにより  $n$  個の新近似値  $x_i^{new}=g_i(x_1^{old}, x_2^{old}, \dots, x_m^{old})$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) を求め、再び  $m$  個の前記旧近似値  $x_i^{old}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) の一部あるいは全部として  $n$  個の前記新近似値  $x_i^{new}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解  $x_i^{sol}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を得る逐次代入法において、

前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解  $x_i^{sol}$  (1) ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値  $x_i^{ini}$  (2) ( $i=1, 2, \dots, m$ ) として用いることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項4】 前記方程式が、線形または非線形の、1元または多元の、单一または連立方程式であることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項5】 前記方程式が、1次元、2次元、3次元またはそれ以上の多次元空間内の、1点または複数の点に割り振られた方程式であることを特徴とする、

請求項1記載の逐次代入法の初期近似値の選定法。

【請求項6】 前記方程式の各項の係数が、空間的また

含む領域の電位分布の数値計算を行う場合に適用される逐次代入法に関するもの、および、この逐次代入法を用いて設計された、高開口率化、低消費電力化、高画質化を実現する液晶表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】逐次代入法は、方程式の解法のひとつである。その方法は、以下に述べるようなものである。まず、初期近似値を何らかの手法で設定し、これを旧近似値として方程式に代入することにより新近似値を求める。この新近似値を、再び旧近似値として方程式に代入してゆくことを次々と反復する。やがて、近似値は方程式の真の解に収束することが期待される。有限回の反復の後、反復計算を終了し、このときの近似値を、数値解とみなす。

【0003】より具体的には、解を求めるべき方程式が単一の方程式の場合には、以下に述べるようになる。単一の方程式  $f(x)=0$  を  $x=g(x)$  と変形し、初期近似値  $x^{i+1}$  を旧近似値  $x^{i+0}$  として代入することにより新近似値  $x^{i+1} = g(x^{i+0})$  を求め、再び旧近似値  $x^{i+0}$  として新近似値  $x^{i+1}$  を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に数値解  $x^{sol}$  を得る。

【0004】解を求めるべき方程式が連立方程式の場合には、以下に述べるようになる。m個の未知変数を含むn個の連立方程式  $f_j(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を  $x_j = g_j(x_1, x_2, \dots, x_m)$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) と変形し、m個の初期近似値  $x_j^{i+1}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を旧近似値  $x_j^{i+0}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) として代入することによりn個の新近似値  $x_j^{i+1} = g_j(x_1^{i+0}, x_2^{i+0}, \dots, x_m^{i+0})$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を求め、再びm個の旧近似値  $x_j^{i+0}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) の一部あるいは全部としてn個の新近似値  $x_j^{i+1}$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に数値解  $x^{sol}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を得る。

【0005】近年、構造解析、熱解析、流体解析、電磁界解析等を目的として行われる数値計算は、設計開発や現象解析に欠かすことのできない技術となっている。液晶表示装置の分野においても、特に電位分布の数値計算は重要で、設計最適化を実現して、高開口率化、低消費電力化、高画質化に、大きく貢献している。

【0006】これらの数値計算の際に用いられる数値解法としては、差分法、有限要素法、境界要素法等が挙げられる。これらの数値解法で立式された方程式の解を求めるためには、逐次代入法の他にも、解の公式による方法や、逆行列計算による方法が挙げられる。Newton-Raphson法は、逐次代入法の1種である。解の公式による方法は、解析的に解の公式が得られている方程式にしか適用できず、また、逆行列計算による方法は、单一もしくは連立の1次方程式にしか適用できない。しかし、両方法は、計算精度が高く、計算時間が短いという長所を持つため、解を求めることが可能な方程式に対しては、広く用いられている。一方、逐次近似法は、多様な方程式

に適用でき、計算アルゴリズムが簡単であることから、汎用的な計算手法として広く用いられている。液晶表示装置における電位分布の数値計算においては、逐次近似法および逆行列計算による方法の両者とも用いられる。

【0007】逐次近似法における初期近似値は、基本的には任意であるが、真値に近いほうが望ましい。しかし、一般に真値は不明であるので、経験的あるいは計算領域全体の構成を考慮して、確からしいと思われる値が選定される。

10 【0008】図6に、従来の逐次代入法を示す。第1の逐次代入法による数値計算12と、第2の逐次代入法による数値計算22が行われているが、第1の初期近似値11と、第2の初期近似値21は、それぞれ独立に、任意の値、もしくは、経験的あるいは計算領域全体の構成を考慮して、確からしいと思われる値が選定されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来の逐次代入法には、次に述べるような課題があった。すな20わち、近似値が真値に収束するのに時間がかかるため、特に高精度の数値解を得るためにには、計算時間が長くなるという問題である。重みづけ法や加速係数法により計算時間の短縮が図られているが、解の公式による方法や逆行列計算による方法などの、高精度と計算時間短縮の両立を実現するには至っていない。

【0010】この計算時間が長くなるという問題の原因は、近似値が真値に収束するのに時間がかかるためであるから、計算時間短縮のためには、初期近似値の選定法が重要である。逐次近似法における初期近似値は、基本的には任意であるが、真値に近いほうが望ましい。経験的あるいは計算領域全体の構成を考慮して、確からしいと思われる値が選定されるが、一般に真値は不明であるので、計算時間短縮の効果はあまりない。

【0011】さらに、この計算時間が長くなるという問題は、逐次近似法を複数回実行する場合について、より深刻となる。特に、液晶を含む領域の電位分布の数値計算を行う場合には、誘電率異方性をもつ液晶分子の配向が時間変化し、異方性を考慮した空間各点の誘電率が変化するため、各時刻毎に電位分布の数値計算を行わなければならない。このため、膨大な計算時間が必要とされ、特に3次元領域の電位分布を計算する際には、実用的な計算時間内で計算することは不可能であった。

【0012】また、このため、液晶表示装置において満足できる数値計算が実行できず、完全な設計最適化は不可能であり、高開口率化、低消費電力化、高画質化を実現することができなかった。

【0013】そこで、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、逐次近似法を複数回実行する場合に、高精度、計算時間短縮を実現することを目的とする。また、50 この逐次代入法を用いて設計された液晶表示装置は、高

開口率化、低消費電力化、高画質化を実現することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、本発明の、逐次代入法の初期近似値の選定法は、以下に述べるようなものである。

【0015】方程式を満たす数値解を求めるために、初期近似値を旧近似値として代入することにより新近似値を求め、再び前記旧近似値として前記新近似値を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解を得る逐次代入法において、前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値として用いることを特徴とする。

【0016】単一の方程式  $f(x)=0$  を満たす数値解  $x^{s+1}$  を求めるために、前記单一の方程式を  $x=g(x)$  と変形し、初期近似値  $x^{i+1}$  を旧近似値  $x^{i+0}$  として代入することにより新近似値  $x^{s+0} = g(x^{i+0})$  を求め、再び前記旧近似値  $x^{i+0}$  として前記新近似値  $x^{s+0}$  を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解  $x^{s+1}$  を得る逐次代入法において、前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解  $x^{s+1}$  (1) を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値  $x^{i+1}$  (2) として用いることを特徴とする。

【0017】 $m$  個の未知変数を含む  $n$  個の連立方程式  $f_j(x_1, x_2, \dots, x_m) = 0$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を満たす数値解  $x^{s+1}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を求めるために、前記連立方程式を  $n$  個の連立方程式  $x_j = g_j(x_1, x_2, \dots, x_m)$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) と変形し、 $m$  個の初期近似値  $x^{i+1}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を旧近似値  $x^{i+0}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) として代入することにより  $n$  個の新近似値  $x^{s+0} = g_j(x^{i+0}, x^{i+0}, \dots, x^{i+0})$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を求め、再び  $m$  個の前記旧近似値  $x^{i+0}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) の一部あるいは全部として  $n$  個の前記新近似値  $x^{s+0}$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) を代入してゆくことを次々と反復して、最終的に前記数値解  $x^{s+1}$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を得る逐次代入法において、前記逐次代入法を複数回実行する場合に、ある回の前記逐次代入法により求められた前記数値解  $x^{s+1}$  (1) ( $i=1, 2, \dots, m$ ) を、他の回の前記逐次代入法の前記初期近似値  $x^{i+1}$  (2) ( $i=1, 2, \dots, m$ ) として用いることを特徴とする。

【0018】前記方程式が、線形または非線形の、1元または多元の、単一または連立方程式であることを特徴とする。

【0019】前記方程式が、1次元、2次元、3次元またはそれ以上の多次元空間内の、1点または複数の点に割り振られた方程式であることを特徴とする。

【0020】前記方程式の各項の係数が、空間的または時間的に変化していることを特徴とする。

【0021】ある時間に対応する前記逐次近似法により求められた前記数値解を、以前または以後の他の時間に

対応する前記逐次近似法の前記初期近似解として用いることを特徴とする。

【0022】前記方程式が、空間または時間に関する偏微分方程式であることを特徴とする。

【0023】前記方程式を、Newton-Raphson法で解く場合に対して適用されることを特徴とする。

【0024】数値計算を行う領域を格子に分割し、各前記格子で立てられた前記方程式を解く差分法において、前記差分法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする。

【0025】数値計算を行う領域を有限要素に分割し、各前記有限要素で立てられた前記方程式を解く有限要素法において、前記有限要素法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする。

【0026】数値計算を行う領域の境界を境界要素に分割し、各前記境界要素で立てられた前記方程式を解く境界要素法において、前記境界要素法を逐次近似法で解く場合に対して適用されることを特徴とする。

【0027】電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする。

【0028】Laplaceの式またはPoissonの式を用いて、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする。

【0029】液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする。

【0030】分子配向が時間変化する液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されることを特徴とする。

【0031】また、上記の目的を達成するために、本発明の、逐次近似法を用いて設計された液晶表示装置は、以下に述べるようなものである。

【0032】上記の初期近似値の選定法を採用した逐次代入法を用いて設計されたことを特徴とする。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態を、図面に基づいて説明する。

【0034】図1に、本発明の第1の実施形態に係る、逐次代入法の初期近似値の選定法を示す。

【0035】11は第1の初期近似値、12は第1の逐

40 次代入法による数値計算、13は第1の旧近似値、14は第1の方程式、15は第1の新近似値、16は第1の数値解である。第1の逐次代入法による数値計算12では、第1の初期近似値11を、第1の旧近似値13として、第1の方程式14に代入することにより第1の新近似値15を求める。そして、再び第1の旧近似値13として第1の新近似値15を代入してゆくことを反復する。収束条件あるいは繰り返しの最大回数が設定されているので、有限回で反復は終了し、このときの第1の新近似値15を第1の数値解16とする。

【0036】21は第2の初期近似値、22は第2の逐

次代入法による数値計算、23は第2の旧近似値、24は第2の方程式、25は第2の新近似値、26は第2の数値解である。第2の逐次代入法による数値計算22では、第2の初期近似値21を、第2の旧近似値23として、第2の方程式24に代入することにより第2の新近似値25を求める。そして、再び第2の旧近似値23として第2の新近似値25を代入してゆくことを反復する。収束条件あるいは繰り返しの最大回数が設定されているので、有限回で反復は終了し、このときの第2の新近似値25を第2の数値解26とする。

【0037】本発明の特長は、第1の数値解16を第2の初期近似値21として用いることにある。第1の初期近似値11は、従来の選定法により決定される。すなわち、任意の値、もしくは、経験的あるいは計算領域全体の構成を考慮して、確からしいと思われる値が、選定される。第1の方程式14と第2の方程式24は、互いに類似しており、第1の数値解16と第2の数値解26は、ほぼ同値であることが期待されている。故に、第2の初期近似値21は、従来の選定法で決定されるよりも、第1の数値解16を用いた方が、第2の数値解26に近い値となる。よって、収束条件が設定された場合には、第2の初期近似値21が第2の数値解26に収束する時間が短くなり、計算時間が短縮される。また、繰り返しの最大回数が設定されている場合には、第2の数値解26は、第2の方程式24の真の解により近くなると思われ、高精度化が実現できる。

【0038】図2に、本発明の第1の実施形態に係る、電位分布の数値計算を行う液晶表示装置の構成を示す。図2(a)に、液晶表示装置の構造を示す。101は走査電極、102は信号電極、103は画素電極、104は対向電極で、液晶を駆動するために、それぞれ所定の電位が印加される。105は液晶で、ここではNematic液晶である。106は液晶配向で、液晶分子の分子形状の長軸、および、液晶分子の誘電率の主軸の配向を示す。液晶配向106は、画素電極103上と対向電極104上では、走査電極101および信号電極に45°の角度をなしている。画素電極103と対向電極104との間に、電圧が印加されていないときの、液晶配向106の初期配向は、中間層では、前後方向を向いている。また、液晶105全層にわたって、画素電極103上および対向電極104に、ほぼ平行である。この配向106は、いわゆる、Twisted Nematicの構成である。全体の奥行(x方向)は50μm、幅(y方向)は50μm、高さ(z方向)は5μmである。

【0039】液晶105内の電位分布の数値計算が、差分法によって行われる。液晶105は、1辺0.5μmの正方格子に分割される。分割数は、x方向で50/0.5=100、y方向で50/0.5=100、z方向で5/0.5=10となり、総正方格子数は、100×100×10=1000となる。

【0040】図2(b)に、数値計算で用いられる液晶

層内に設けられる格子を示す。107は格子点で、各格子点毎に電位v(i,j,k)が計算される。Laplaceの式またはPoissonの式を差分法に適用すると、ある格子点107の電位は、その周囲の格子点107の電位と、次式で表される関係がある。

$$[0041] v(i,j,k) = ((e_1 + e_2 n_x^2) [v(i+1,j,k) + v(i-1,j,k)] + (e_1 + e_2 n_y^2) [v(i,j+1,k) + v(i,j-1,k)] + (e_1 + e_2 n_z^2) [v(i,j,k+1) + v(i,j,k-1)]) + 2e_2 [n_x n_y (1/4) [v(i+1,j+1,k) - v(i-1,j+1,k) - v(i+1,j-1,k) + v(i-1,j-1,k)] + n_y n_z (1/4)$$

$$10 [v(i,j+1,k+1) - v(i,j-1,k+1) - v(i,j+1,k-1) + v(i,j-1,k-1)] + n_z n_x (1/4) [v(i+1,j,k+1) - v(i+1,j,k-1) - v(i-1,j,k+1) + v(i-1,j,k-1)] + e_2 \{ [2n_x (dn_x/dx) + n_x (dn_y/dy) + n_x (dn_z/dz) + n_y (dn_x/dy) + n_z (dn_x/dz)] (1/2) h [v(i+1,j,k) - v(i-1,j,k)] + [2n_y (dn_y/dy) + n_y (dn_z/dz) + n_y (dn_x/dx) + n_z (dn_y/dy) + n_x (dn_z/dx) + n_y (dn_z/dy)] (1/2) h [v(i,j+1,k) - v(i,j-1,k)] + [2n_z (dn_z/dz) + n_z (dn_x/dx) + n_z (dn_y/dy) + n_x (dn_z/dx) + n_y (dn_z/dy)] (1/2) h [v(i,j,k+1) - v(i,j,k-1)] \} \} / \{ 2[(e_1 + e_2 n_x^2) + (e_1 + e_2 n_y^2) + (e_1 + e_2 n_z^2)] \}$$

ここで、 $e_1$ 、 $e_2$ は、それぞれ、次式で表される。

$$20 [0042] e_1 = \epsilon_{\perp}, e_2 = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp}$$

$\epsilon_{\parallel}$ 、 $\epsilon_{\perp}$ は、それぞれ、液晶105の長軸方向に平行な誘電率、垂直な誘電率である。詳しくは、SID 90 DIGEST pp.102、Proceeding of the SID 31 (1990) pp.30 1、EID91-24 pp.59、IBM Journal of Research and Development 36 (1992) pp.51、SID 93 DIGEST pp.638、International Display Research Conference 1994 pp.3 51、Japanese Journal of Applied Physics 33 (1994) pp.6240、SID 95 DIGEST pp.541を参照されたい。この式が、全ての格子点107について成立つ。すなわち、105個の連立方程式が立式される。

$$[0043] 30 \text{図3に、本発明の第1の実施形態に係る、液晶表示装置の電極印加電位を示す。201は走査電位で、走査電極101に印加され、202は信号電位で、信号電極102に印加され、203は画素電位で、画素電極103に印加され、204は対向電位で、対向電極104に印加される。時刻-10msから0msまでは、画素電位203、対向電位204ともに0Vで、液晶105には電圧が印加されない。故に、液晶配向106は、初期配向状態を保持している。時刻0msから1 40 000msまでは、画素電位203が5Vとなり、液晶105には電圧が印加される。このため、液晶配向106は、画素電極103および対向電極104に平行な平面からずれて、直立し始める。液晶配向106が時間とともに変化し、異方性も考慮した誘電率分布が変化することで、電位分布も変化するので、時間をおって、電位分布の数値計算をしなければならない。$$

$$[0044] 50 \text{電位分布の数値計算は、0.1ms毎に行われる。この値は、液晶配向106の変化率と、数値計算の精度を考慮して決たものである。数値計算終了時刻1000ms/0.1ms=104回の電位分布を}$$

計算しなければならない。すなわち、105個の連立方程式を、104回解かなければならない。

【0045】この液晶を含む領域の電位分布の数値計算では、液晶105の存在する領域や電極構造は固定されており、時刻0の瞬間を除いて電位値も固定されているので、各々の解くべき方程式は互いに類似しており、各々の数値解はほぼ同値であることが期待されている。特に、連続する時刻の方程式は互いに酷似しており、ある時刻に対応する数値解を、次の時刻の初期近似値として用いた場合には、極めて短い計算時間で高精度の数値解が得られる。

【0046】より具体的には、まず、初期時刻の電位分布を求めるために、任意の電位分布を、第1の初期近似値11として用い、第1の逐次代入法による数値計算12により、第1の数値解16を得る。この電位分布に応じて、液晶配向106が変化する。次に、この液晶配向106の変化に伴って変化した、0.1ms後の電位分布を求めるために、第1の数値解16を、第2の初期近似値21として用い、第2の逐次代入法による数値計算22により、第2の数値解26を得る。以降、液晶配向106の変化に伴って変化した、0.1ms毎の電位分布を求めるために、第n-1の数値解を、第nの初期近似値として用いることを、繰り返す。これを、数値計算終了時刻1000msまで行う。

【0047】これを、従来の方法で解いた場合には、3ヶ月の計算時間が必要となる。これを、本発明の方法で解いた場合には、5日間の計算時間で、結果を得ることができる。実に、20倍近い計算時間の短縮が実現できている。ここでは、32Bit、90MHzのCPUを搭載したパソコンにおいて、コンパイラベースの言語を用いた。

【0048】図4に、本発明の第1の実施形態に係る、液晶表示装置の数値計算結果を示す。図4(a)に、計算領域の中央付近におけるx軸に垂直な断面上の液晶配向分布を示す。また、図4(b)に、計算領域の中央付近におけるx軸に垂直な断面上の電位分布を示す。さらに、図4(b)に、透過光強度分布を示す。液晶表示装置の上下両側に、それぞれ偏光板を配置し、その偏光軸は、それぞれ画素電極103、対向電極104上の液晶配向106と同一の方向に設定した。透過光の光軸は、z軸方向である。いわゆるCross Nicol、Normally Whiteの構成である。透過光強度計算は、光学異方性をもつ材料中の光伝播を求める際に一般的な、Jones 2x2 Matrix法を用いた。

【0049】図4(a)では、y=5.5μm、z=2.5μm付近に、ディスクリネーションラインが発生していることがわかる。これに対応して、図4(b)では、該当する領域で、等電位面の歪みが発生している。さらに、図4(c)では、該当する領域で、光抜けが発生している。実際のパネルの観測や、他の方法で得られた数値解と比較しても、満足できる数値計算結果が得ら

れていることがわかる。

【0050】図4(c)において、光抜けの領域は、画素電極103の左側と上側の電極端に沿うような分布で発生している。このような画素内における透過率分布を得るためにには、液晶105内の3次元計算を行う必要がある。故に、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法により、計算時間の短縮を行うことは、極めて有効である。

【0051】液晶表示装置の画質は、画素全体を平均した透過率と、画素内の透過率分布の両者が影響する。これらの両者とも評価するためには、画素内の過率分布、特に、ディスクリネーションの画素内分布を求めることが必要であり、この際、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法が有効であることになる。

【0052】図5に、本発明の第2の実施形態に係る、液晶表示装置を示す。本実施形態では、第1の実施形態で述べた、本発明の初期近似値の選定法を採用した逐次代入法を用いて設計された、低温多結晶シリコン薄膜トランジスタ液晶表示装置を示す。

【0053】第1の実施形態で述べた数値計算により、光抜けの画素内分布を評価し、走査電極101と画素電極103間の間隔、および、信号電極102と画素電極103間の間隔を最適化した。その最適値は、2μmと決定した。

【0054】このため、画素開口率57%と高開口率を実現し、低輝度バックライトの使用を許すことによる低消費電力化を実現した。かつ、ディスクリネーションラインに起因する光抜けに伴う画質劣化を抑制することにより、高画質化を実現した。

【0055】

【発明の効果】以上述べたように、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法によれば、逐次近似法を複数回実行する場合に、高精度、計算時間短縮を実現することが可能となる。

【0056】本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、解くべき方程式が、単一の方程式であるときも、連立方程式であるときも、効果がある。ただし、連立方程式であるときのほうが、一般的に従来の方法では収束までの時間が多くかかるので、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、より効果的である。

【0057】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、解くべき方程式が、線形方程式であるときも、非線形方程式であるときも、効果がある。ただし、非線形方程式では、一般的に解の公式や逆行列による解法が使えず、逐次近似法が使われる場合が多いので、本発明が適用されて効果を発揮する場合が多い。

【0058】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、解くべき方程式が、1元方程式であるときも、多元方程式であるときも、効果がある。ただし、多元方程式であるときのほうが、一般的に従来の方法では

11

収束までの時間が多くのかかるので、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、より効果的である。

【0059】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、解くべき方程式が、1次元、2次元、3次元またはそれ以上の多次元空間内の、1点または複数の点に割り振られた方程式であるときも効果がある。ただし、より多次元であるときのほうが、一般的に従来の方法では収束までの時間が多くのかかるので、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、より効果的である。

【0060】方程式の各項の係数が、空間的または時間的に変化している場合には、ある回の逐次近似法で解くべき方程式と、他の回の逐次近似法で解くべき方程式とが互いに類似しており、両数値解は、ほぼ同値であることが期待されるので、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、より効果的である。このときは、ある時間に対応する逐次近似法により求められた数値解を、以前または以後の他の時間に対応する逐次近似法の初期近似解として用いるのがよい。これらの方程式は、しばしば、空間または時間に関する偏微分方程式である。

【0061】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、Newton-Raphson法で解く場合、数値計算を行う領域を格子に分割し、各格子で立てられた前記方程式を解く差分法において、差分法を逐次近似法で解く場合、数値計算を行う領域を有限要素に分割し、各有限要素で立てられた方程式を解く有限要素法において、前記有限要素法を逐次近似法で解く場合、数値計算を行う領域の境界要素に分割し、各境界要素で立てられた方程式を解く境界要素法において、境界要素法を逐次近似法で解く場合の、全ての場合について効果がある。

【0062】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、電位分布の数値計算を行う場合、特に、Laplaceの式またはPoissonの式を用いて電位分布の数値計算を行う場合に対して適用できる。

【0063】また、本発明の逐次代入法の初期近似値の選定法は、液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されるときに、極めて効果的である。特に、分子配向が時間変化する液晶を含む領域の、電位分布の数値計算を行う場合に対して適用されるときに、極めて効果的である。

【0064】さらに、本発明の初期近似値の選定法を採

用した逐次代入法を用いて設計された液晶表示装置によれば、高開口率化、低消費電力化、高画質化を実現することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態に係る、逐次代入法の初期近似値の選定法を示す図。

【図2】 本発明の第1の実施形態に係る、電位分布の数値計算を行う液晶表示装置の構成を示す図。

【図3】 本発明の第1の実施形態に係る、液晶表示装置の電極印加電位を示す図。

【図4】 本発明の第1の実施形態に係る、液晶表示装置の数値計算結果を示す図。

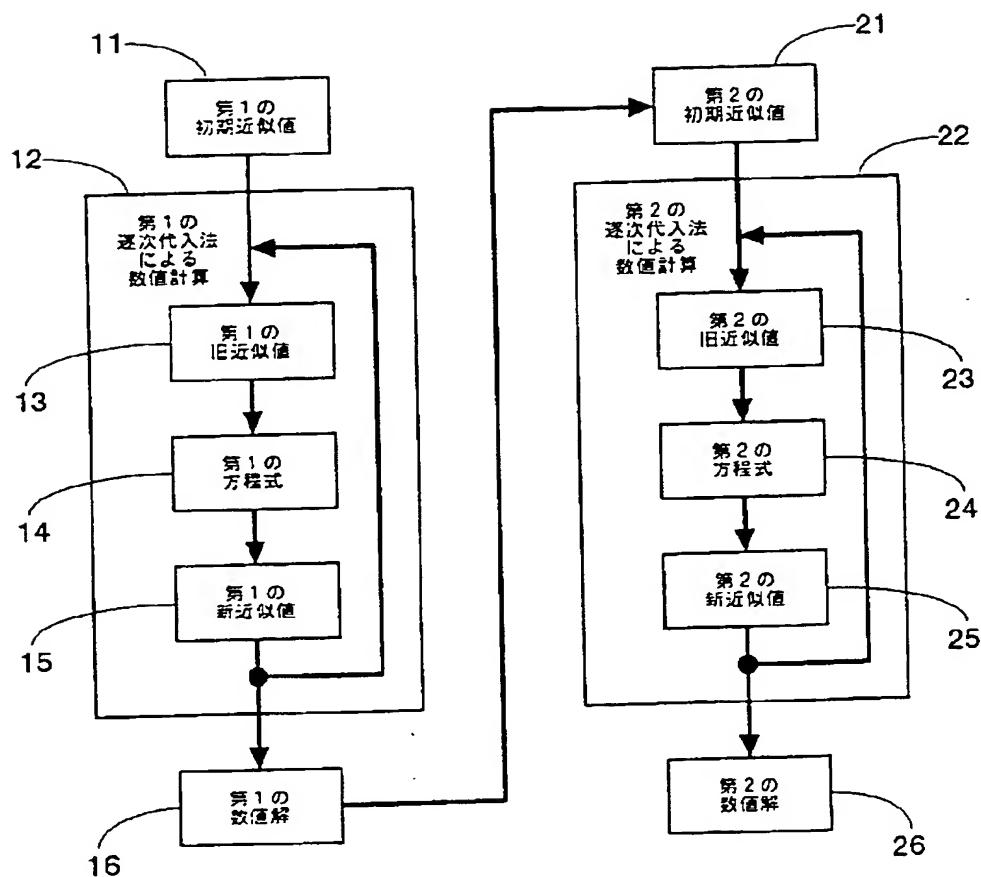
【図5】 本発明の第2の実施形態に係る、液晶表示装置を示す図。

【図6】 従来例に係る、逐次代入法の初期近似値の選定法を示す図。

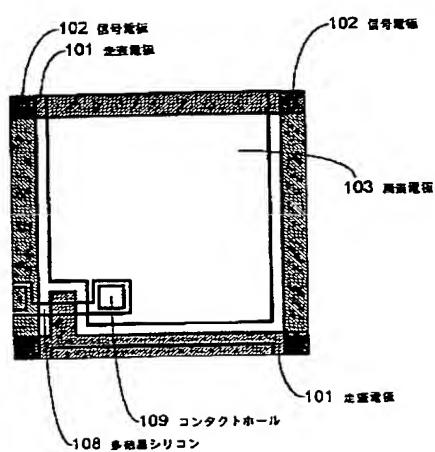
【符号の説明】

1 1	第1の初期近似値
1 2	第1の逐次代入法による数値計算
20 1 3	第1の旧近似値
1 4	第1の方程式
1 5	第1の新近似値
1 6	第1の数値解
2 1	第2の初期近似値
2 2	第2の逐次代入法による数値計算
2 3	第2の旧近似値
2 4	第2の方程式
2 5	第2の新近似値
2 6	第2の数値解
30 1 0 1	走査電極
1 0 2	信号電極
1 0 3	画素電極
1 0 4	対向電極
1 0 5	液晶
1 0 6	液晶配向
1 0 7	格子点
2 0 1	走査電位
2 0 2	信号電位
2 0 3	画素電位
40 2 0 4	対向電位

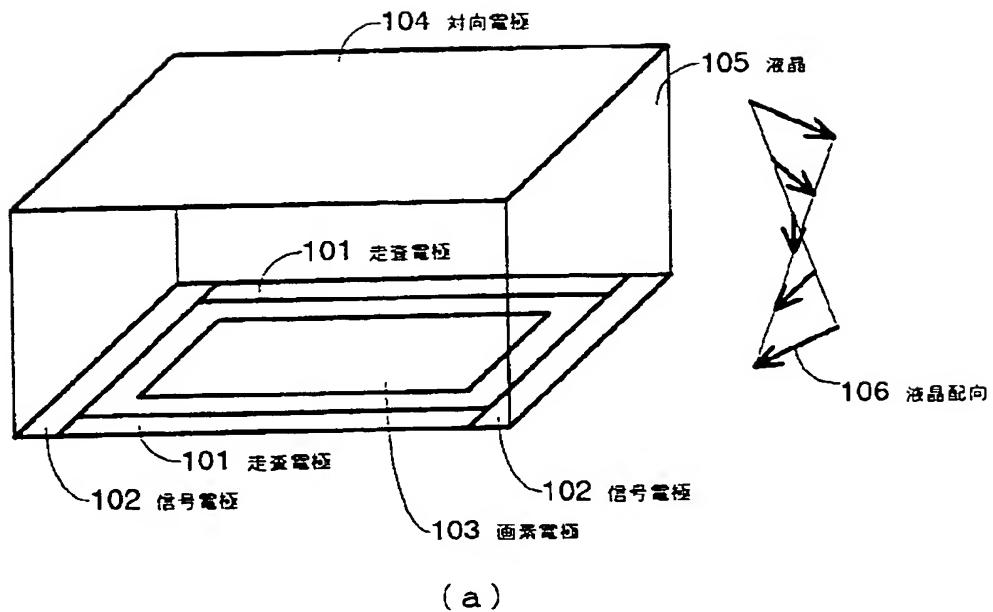
【図1】



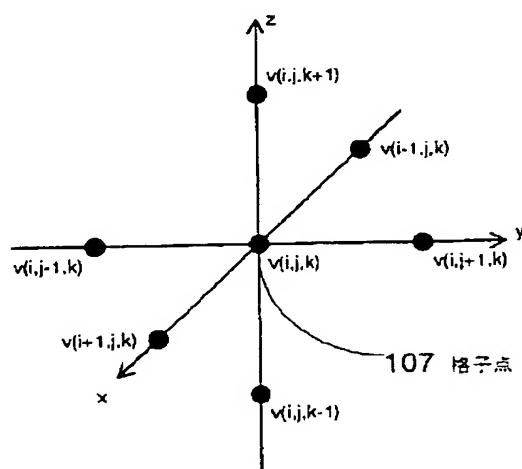
【図5】



【図2】

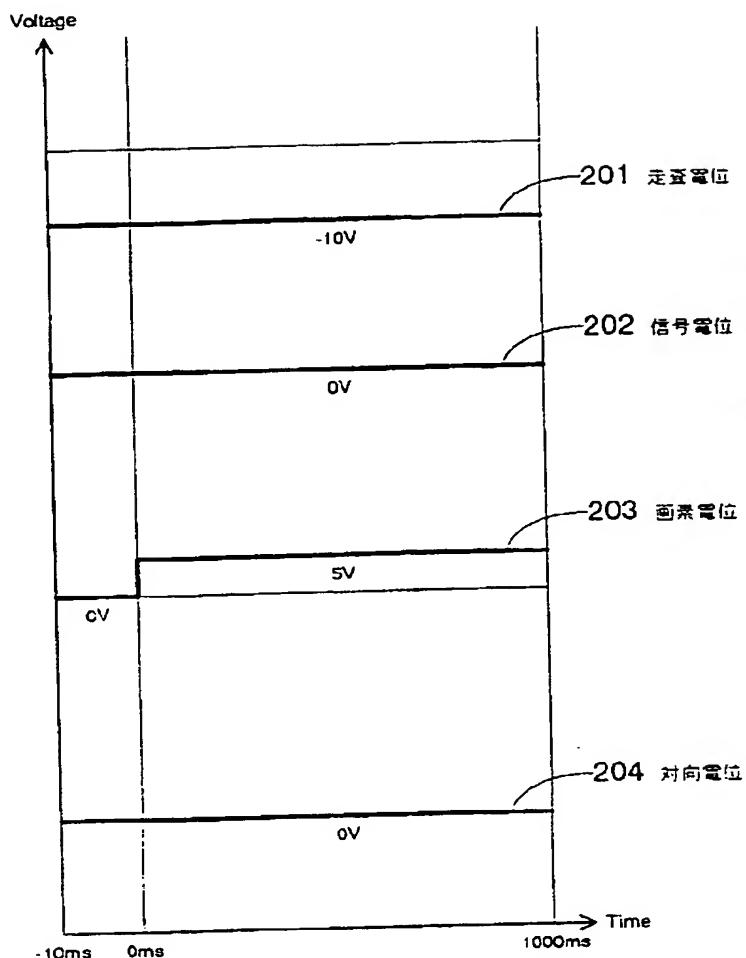


(a)

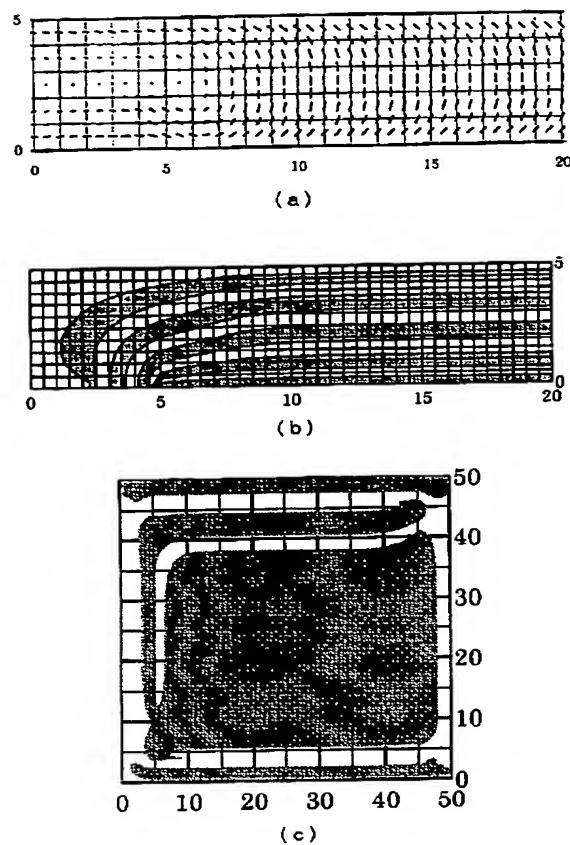


(b)

【図3】



【図4】



【図6】

